

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-8758

(43)公開日 平成11年(1999) 1月12日

(51)IntCl⁹

識別記号

F I

H 0 4 N 1/393

H 0 4 N 1/393

G 0 6 T 3/40

1/387

H 0 4 N 1/387

G 0 6 F 15/66

3 5 6 A

審査請求 未請求 請求項の数15 F D (全 23 頁)

(21)出願番号 特願平9-175169

(22)出願日 平成9年(1997) 6月17日

(71)出願人 000004352

日本放送協会

東京都渋谷区神南2丁目2番1号

(72)発明者 山野 浩司

東京都世田谷区砦一丁目10番11号 日本放送協会 放送技術研究所内

(72)発明者 小林 和正

東京都世田谷区砦一丁目10番11号 日本放送協会 放送技術研究所内

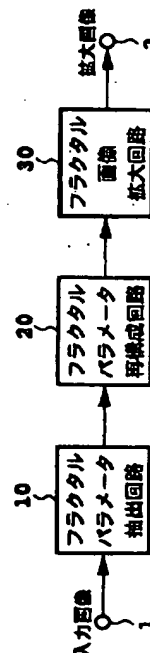
(74)代理人 弁理士 谷 義一 (外3名)

(54)【発明の名称】 画像拡大処理装置および方法並びに画像拡大処理制御プログラムを記録した記録媒体

(57)【要約】

【課題】 フラクタルパラメータを用いる画像拡大処理装置において、復号処理を行わない期間を著しく減少させ、復号期間を最大 $1/\alpha$ に短縮すること。

【解決手段】 フラクタルパラメータ抽出回路10により抽出されたフラクタルパラメータに対し、フラクタルパラメータ再構成回路20でヒストグラムを用いたドメインセルの使用回数の離散化を行うことによってフラクタルパラメータを修正する。フラクタル画像拡大回路30で、その修正されたフラクタルパラメータを使用することにより、内部の画像メモリから一旦読み出したドメインセルを整数 α の倍数回、連続して使用して復号処理を行う。これにより、フラクタル画像拡大実行部(復号器)と画像メモリとの間のデータ転送量を大幅に低減し、フラクタル拡大処理装置の高速化を可能とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 入力画像を適当な大きさのブロック（レンジセル）に分割し、該レンジセルより大きいまたは等しい面積を持つブロックの集合（ドメインプール）の要素（ドメインセル）に対し、縮小変換と幾何学変換と輝度変換を施したものと該レンジセルとの差分2乗和が最小となるドメインセルに対する縮小変換と幾何学変換と輝度変換と該ドメインセルを特定するための情報とをフラクタルパラメータとして抽出するフラクタルパラメータ抽出回路と、

前記フラクタルパラメータ抽出回路で抽出されたフラクタルパラメータを修正して再構成するフラクタルパラメータ再構成回路と、

該フラクタルパラメータ再構成回路により修正されたフラクタルパラメータに基づく縮小変換と幾何学変換と輝度変換を繰り返し実施して、極限画像としての拡大画像を得るフラクタル画像拡大回路とを具備したことを特徴とする画像拡大処理装置。

【請求項2】 前記フラクタルパラメータ再構成回路は、

前記フラクタルパラメータ抽出回路で抽出されたフラクタルパラメータを初期値として保持するパラメータテーブルと、

該パラメータテーブルを参照してドメインセルの使用頻度に関するヒストグラムを計算するヒストグラム計算回路と、

前記フラクタル画像拡大回路を構成する画像メモリと復号器の速度比が1:Aの時、前記ヒストグラム計算回路の出力を参照して、ドメインセルの使用頻度が、前記実数A以下の正整数 α による除算に対して剰余が0のものだけになるように、該ドメインセルの選択を変更するヒストグラム離散化処理と前記パラメータテーブルの書き換え処理とを行うヒストグラム離散化回路とを有することを特徴とする請求項1に記載の画像拡大処理装置。

【請求項3】 前記ヒストグラム離散化回路は、

前記ドメインセルの使用頻度が前記整数 α による除算に対して剰余が0でないドメインセルを選択するドメインセル選択手段と、

該ドメインセル選択手段により選択したドメインセルのそれぞれについて、該ドメインセルを使用するレンジセルのうち、ドメインセルとの距離（差分2乗和）が大きいものから順に、該ドメインセルの使用頻度の前記 α による除算に対する剰余と同じ数だけのレンジセルを選択するレンジセル選択手段と、

該レンジセル選択手段により選択したレンジセルのそれぞれについて、新たなドメインセルを決定するため、前記ドメインセル選択手段によって選択したドメインセルの中から、該選択したレンジセルが前記レンジセル選択手段において使用していたドメインセルを除いたドメインセルをドメインセルの候補として、フラクタルパラメ

ータを抽出するフラクタルパラメータ抽出手段と、

該フラクタルパラメータ抽出手段により抽出したフラクタルパラメータにより前記パラメータテーブルの内容を書き換えるパラメータテーブル書き換え手段とを有することを特徴とする請求項2に記載の画像拡大処理装置。

【請求項4】 前記フラクタルパラメータ抽出回路は、入力画像を適当な大きさのブロック（レンジセル）に分割し、該レンジセルより大きいまたは等しい面積を持つブロックの集合（ドメインプール）の要素（ドメインセル）に対し、縮小変換と幾何学変換と輝度変換を施したものと該レンジセルとの差分2乗和が最小となるドメインセルに対する縮小変換と幾何学変換と輝度変換と該ドメインセルを特定するための情報とをフラクタルパラメータとして抽出するフラクタルパラメータ生成手段と、

前記入力画像を適当な大きさのブロック（レンジセル）に分割し、該レンジセルより大きいまたは等しい面積を持つブロックの集合（ドメインプール）の要素（ドメインセル）に対し、縮小変換と幾何学変換と輝度変換を施したものと該レンジセルとの差分2乗和が最小となるドメインセルに対する縮小変換と幾何学変換と輝度変換と該ドメインセルを特定するための情報とをフラクタルパラメータとして抽出するフラクタルパラメータ生成手段により生成したフラクタルパラメータが指示するドメインセルを第1候補とし、これに加えてレンジセルとの差分2乗和が2番目に小さいものを第2候補、3番目に小さいものを第3候補というように、ドメインセルを第1候補から第n候補まで新たに抽出する候補抽出手段と、

ドメインセルが前記第1候補である場合は、当該ドメインセル候補の差分2乗和から第2候補の差分2乗和を引いた値を、ドメインセルが該第2候補以降である場合は、当該ドメインセル候補の差分2乗和から前記第1候補の差分2乗和を引いた値を計算しこれを評価値とする評価値計算手段と、

ドメインセルの使用頻度のヒストグラムを第1候補から第n候補までそれぞれ計算し、各ドメインセルについて該第1候補から該第n候補までの使用頻度の総和のヒストグラムを計算する使用頻度の総和のヒストグラム計算手段と、

該使用頻度の総和が α 回以上になるドメインセルのそれぞれについて、 α 個以上のドメインセル候補の中から、前記評価値計算手段による評価値の α 個分の和が最小となる α 個のドメインセル候補を選択し、該選択した前記評価値計算手段による評価値の α 個分の和が最小となる α 個のドメインセル候補を α 個で1組のドメインセル候補とし、該 α 個で1組のドメインセル候補の中から、前記評価値計算手段による評価値の α 個分の和が最小となる1組のドメインセル候補を選択するドメインセル候補選択手段と、

前記ドメインセル候補選択手段により選択された α 個のドメインセル候補を、前記ドメインセル候補選択手段により選択された α 個のドメインセル候補をドメインセル候補として持つレンジセルに対するドメインセルとしてそれぞれ確定し、該ドメインセルが確定したレンジセルについて、ドメインセルの第1候補から第 n 候補のうちドメインセルとして確定したドメインセル候補以外の候補は消去するドメインセル確定手段と、

以上の処理操作を使用頻度の総和が α 個よりも小さいものばかりになるまで繰り返させる制御手段と、

該制御手段により繰り返し処理が終了した後、ドメインセルが確定していないレンジセルのそれぞれについて、該ドメインセルが確定していないレンジセルのドメインセル候補のうちいずれか1つをドメインセルとして確定し、該確定したドメインセル候補以外の候補を消去するドメインセル確定手段と、

を有し、前記入力画像を適当な大きさのブロック（レンジセル）に分割し、該レンジセルより大きいまたは等しい面積を持つブロックの集合（ドメインプール）の要素（ドメインセル）に対し、縮小変換と幾何学変換と輝度変換を施したものと該レンジセルとの差分2乗和が最小となるドメインセルに対する縮小変換と幾何学変換と輝度変換と該ドメインセルを特定するための情報とをフラクタルパラメータとして抽出するフラクタルパラメータ生成手段によって生成するフラクタルパラメータに再構成のための前処理を施すことを特徴とする請求項1ないし3のいずれか1つに記載の画像拡大処理装置。

【請求項5】 前記フラクタル画像拡大回路は、画像メモリとバッファ回路と復号器とを有し、前記画像メモリは、復号処理に先立っての任意の初期画像の書き込みと、復号処理時の前記バッファ回路へのドメインセルデータの読み出しと、該バッファ回路からの復号済みデータの書き込みとを行い、前記バッファ回路は、前記画像メモリからのドメインセルデータの一時記憶と出力、および前記復号器からの復号済みデータの一時記憶と出力を行い、前記復号器は、修正フラクタルパラメータの読み込み、ドメインセルデータの読み込み、修正フラクタルパラメータに基づくドメインセルデータに対する復号処理、および復号処理済みデータの出力を行うことを特徴とする請求項1ないし4のいずれか1つに記載の画像拡大処理装置。

【請求項6】 入力画像を適当な大きさのブロック（レンジセル）に分割し、該レンジセルより大きいまたは等しい面積を持つブロックの集合（ドメインプール）の要素（ドメインセル）に対し、縮小変換と幾何学変換と輝度変換を施したものと該レンジセルとの差分2乗和が最小となるドメインセルに対する縮小変換と幾何学変換と輝度変換と該ドメインセルを特定するための情報とをフラクタルパラメータとして抽出するフラクタルパラメータ抽出手段と、

一タ抽出手段と、

前記フラクタルパラメータ抽出手段で抽出されたフラクタルパラメータを修正して再構成するフラクタルパラメータ再構成手段と、

該フラクタルパラメータ再構成手段により修正されたフラクタルパラメータに基づく縮小変換と幾何学変換と輝度変換を繰り返して実施して、極限画像としての拡大画像を得るフラクタル画像拡大手段とを有することを特徴とする画像拡大処理方法。

【請求項7】 前記フラクタルパラメータ再構成手段は、

前記フラクタルパラメータ抽出手段で抽出されたフラクタルパラメータを初期値として保持するパラメータテーブルを参照してドメインセルの使用頻度に関するヒストグラムを計算するヒストグラム計算手段と、

前記フラクタル画像拡大手段で使用される画像メモリと復号器の速度比が1:Aの時、前記ヒストグラム計算手段での出力を参照して、ドメインセルの使用頻度が、前記実数A以下の正整数 α による除算に対して剰余が0のものだけになるように、該ドメインセルの選択を変更するヒストグラム離散化処理と前記パラメータテーブルの書き換え処理とを行うヒストグラム離散化手段とを有することを特徴とする請求項6に記載の画像拡大処理方法。

【請求項8】 前記ヒストグラム離散化手段は、

前記ドメインセルの使用頻度が前記整数 α による除算に対して剰余が0でないドメインセルを選択するドメインセル選択手段と、

該ドメインセル選択手段により選択したドメインセルのそれぞれについて、該ドメインセルを使用するレンジセルのうち、ドメインセルとの距離（差分2乗和）が大きいものから順に、該ドメインセルの使用頻度の前記 α による除算に対する剰余と同じ数だけのレンジセルを選択するレンジセル選択手段と、

該レンジセル選択手段により選択したレンジセルのそれぞれについて、新たなドメインセルを決定するため、前記ドメインセル選択手段によって選択したドメインセルの中から、該選択したレンジセルが前記レンジセル選択手段において使用していたドメインセルを除いたドメインセルをドメインセルの候補として、フラクタルパラメータを抽出するフラクタルパラメータ抽出手段と、

該フラクタルパラメータ抽出手段により抽出したフラクタルパラメータにより前記パラメータテーブルの内容を書き換えるパラメータテーブル書き換え手段とを有することを特徴とする請求項7に記載の画像拡大処理方法。

【請求項9】 前記フラクタルパラメータ抽出手段は、入力画像を適当な大きさのブロック（レンジセル）に分割し、該レンジセルより大きいまたは等しい面積を持つブロックの集合（ドメインプール）の要素（ドメインセル）に対し、縮小変換と幾何学変換と輝度変換を施し

たものと該レンジセルとの差分2乗和が最小となるドメインセルに対する縮小変換と幾何学変換と輝度変換と該ドメインセルを特定するための情報とをフラクタルパラメータとして抽出するフラクタルパラメータ生成手順と、

前記入力画像を適当な大きさのブロック(レンジセル)に分割し、該レンジセルより大きいまたは等しい面積を持つブロックの集合(ドメインプール)の要素(ドメインセル)に対し、縮小変換と幾何学変換と輝度変換を施したものと該レンジセルとの差分2乗和が最小となるドメインセルに対する縮小変換と幾何学変換と輝度変換と該ドメインセルを特定するための情報とをフラクタルパラメータとして抽出するフラクタルパラメータ生成手順により生成したフラクタルパラメータが指示するドメインセルを第1候補とし、これに加えてレンジセルとの差分2乗和が2番目に小さいものを第2候補、3番目に小さいものを第3候補というように、ドメインセルを第1候補から第n候補まで新たに抽出する候補抽出手順と、

ドメインセルが前記第1候補である場合は、当該ドメインセル候補の差分2乗和から第2候補の差分2乗和を引いた値を、ドメインセルが該第2候補以降である場合は、当該ドメインセル候補の差分2乗和から前記第1候補の差分2乗和を引いた値を計算しこれを評価値とする評価値計算手順と、

ドメインセルの使用頻度のヒストグラムを第1候補から第n候補までそれぞれ計算し、各ドメインセルについて該第1候補から該第n候補までの使用頻度の総和のヒストグラムを計算する使用頻度の総和のヒストグラム計算手順と、

該使用頻度の総和が α 回以上になるドメインセルのそれぞれについて、 α 個以上のドメインセル候補の中から、前記評価値計算手順による評価値の α 個分の和が最小となる α 個のドメインセル候補を選択し、該選択した前記評価値計算手順による評価値の α 個分の和が最小となる α 個のドメインセル候補を α 個で1組のドメインセル候補とし、該 α 個で1組のドメインセル候補の中から、前記評価値計算手順による評価値の α 個分の和が最小となる1組のドメインセル候補を選択するドメインセル候補選択手順と、

前記ドメインセル候補選択手順により選択された α 個のドメインセル候補を、前記ドメインセル候補選択手順により選択された α 個のドメインセル候補をドメインセル候補として持つレンジセルに対するドメインセルとしてそれぞれ確定し、該ドメインセルが確定したレンジセルについて、ドメインセルの第1候補から第n候補のうちドメインセルとして確定したドメインセル候補以外の候補は消去するドメインセル確定手順と、

以上の処理操作を使用頻度の総和が α 個よりも小さいものばかりになるまで繰り返させる制御手順と、

該制御手順により繰り返し処理が終了した後、ドメインセルが確定していないレンジセルのそれぞれについて、該ドメインセルが確定していないレンジセルのドメインセル候補のうちいずれか1つをドメインセルとして確定し、該確定したドメインセル候補以外の候補を消去するドメインセル確定手順と、

を有し、前記入力画像を適当な大きさのブロック(レンジセル)に分割し、該レンジセルより大きいまたは等しい面積を持つブロックの集合(ドメインプール)の要素(ドメインセル)に対し、縮小変換と幾何学変換と輝度変換を施したものと該レンジセルとの差分2乗和が最小となるドメインセルに対する縮小変換と幾何学変換と輝度変換と該ドメインセルを特定するための情報とをフラクタルパラメータとして抽出するフラクタルパラメータ生成手順によって生成するフラクタルパラメータに再構成のための前処理を施すことを特徴とする請求項6ないし8のいずれか1つに記載の画像拡大処理方法。

【請求項10】 前記フラクタル画像拡大手順は、画像メモリとバッファ回路と復号器とを使用し、

前記画像メモリに対して、復号処理に先立っての任意の初期画像の書き込みと、復号処理時の前記バッファ回路へのドメインセルデータの読み出しと、該バッファ回路からの復号済みデータの書き込みとを行い、

前記バッファ回路により、前記画像メモリからのドメインセルデータの一時記憶と出力、および前記復号器からの復号済みデータの一時記憶と出力を行い、

前記復号器を用いて、修正フラクタルパラメータの読み込み、ドメインセルデータの読み込み、修正フラクタルパラメータに基づくドメインセルデータに対する復号処理、および復号処理済みデータの出力を行うことを特徴とする請求項6ないし9のいずれか1つに記載の画像拡大処理方法。

【請求項11】 コンピュータによって画像拡大処理を行うための制御プログラムを記録した記録媒体であって、該制御プログラムはコンピュータに、

入力画像を適当な大きさのブロック(レンジセル)に分割させ、該レンジセルより大きいまたは等しい面積を持つブロックの集合(ドメインプール)の要素(ドメインセル)に対し、縮小変換と幾何学変換と輝度変換を施させたものと該レンジセルとの差分2乗和が最小となるドメインセルに対する縮小変換と幾何学変換と輝度変換と該ドメインセルを特定するための情報とをフラクタルパラメータとして抽出させ、

該抽出されたフラクタルパラメータを修正して再構成させ、

該修正され再構成されたフラクタルパラメータに基づく縮小変換と幾何学変換と輝度変換を繰り返し実施させて、極限画像としての拡大画像を出力させることを特徴とする画像拡大処理制御プログラムを記録した記録媒体。

【請求項12】 前記制御プログラムはコンピュータに、
前記抽出されたフラクタルパラメータを初期値として保持するパラメータテーブルを参照してドメインセルの使用頻度に関するヒストグラムを計算させ、
該計算結果を参照して、ドメインセルの使用頻度が整数 α による除算に対して剰余が0のものだけになるように、該ドメインセルの選択を変更するヒストグラム離散化処理と前記パラメータテーブルの書き換え処理とを行わせることを特徴とする請求項11に記載の画像拡大処理制御プログラムを記録した記録媒体。

【請求項13】 前記制御プログラムはコンピュータに、
前記ドメインセルの使用頻度が前記整数 α による除算に対して剰余が0でないドメインセルを選択させ、
該選択したドメインセルのそれぞれについて、該ドメインセルを使用するレンジセルのうち、ドメインセルとの距離（差分2乗和）が大きいものから順に、該ドメインセルの使用頻度の前記 α による除算に対する剰余と同じ数だけのレンジセルを選択させ、
該選択したレンジセルのそれぞれについて、新たなドメインセルを決定させるため、前記選択したドメインセルの中から、該選択したレンジセルが使用していたドメインセルを除いたドメインセルをドメインセルの候補として、フラクタルパラメータを抽出させ、
該抽出したフラクタルパラメータにより前記パラメータテーブルの内容を書き換えさせることを特徴とする請求項12に記載の画像拡大処理制御プログラムを記録した記録媒体。

【請求項14】 前記制御プログラムはコンピュータに、
入力画像を適当な大きさのブロック（レンジセル）に分割させ、該レンジセルより大きいまたは等しい面積を持つブロックの集合（ドメインプール）の要素（ドメインセル）に対し、縮小変換と幾何学変換と輝度変換を施させたものと該レンジセルとの差分2乗和が最小となるドメインセルに対する縮小変換と幾何学変換と輝度変換と該ドメインセルを特定するための情報とをフラクタルパラメータとして抽出させ、
前記入力画像を適当な大きさのブロック（レンジセル）に分割させ、該レンジセルより大きいまたは等しい面積を持つブロックの集合（ドメインプール）の要素（ドメインセル）に対し、縮小変換と幾何学変換と輝度変換を施したものと該レンジセルとの差分2乗和が最小となるドメインセルに対する縮小変換と幾何学変換と輝度変換と該ドメインセルを特定するための情報であるフラクタルパラメータが指示するドメインセルを第1候補とし、これに加えてレンジセルとの差分2乗和が2番目に小さいものを第2候補、3番目に小さいものを第3候補というように、ドメインセルを第1候補から第 n 候補

で新たに抽出させ、
ドメインセルが前記第1候補である場合は、当該ドメインセル候補の差分2乗和から第2候補の差分2乗和を引いた値を、ドメインセルが該第2候補以降である場合は、当該ドメインセル候補の差分2乗和から前記第1候補の差分2乗和を引いた値を計算させこれを評価値とさせ、

ドメインセルの使用頻度のヒストグラムを第1候補から第 n 候補までそれぞれ計算させ、各ドメインセルについて該第1候補から該第 n 候補までの使用頻度の総和のヒストグラムを計算させ、

該使用頻度の総和が α 回以上になるドメインセルのそれぞれについて、 α 個以上のドメインセル候補の中から、前記評価値の α 個分の和が最小となる α 個のドメインセル候補を選択させ、該選択した前記評価値の α 個分の和が最小となる α 個のドメインセル候補を α 個で1組のドメインセル候補とさせ、該 α 個で1組のドメインセル候補の中から、前記評価値の α 個分の和が最小となる1組のドメインセル候補を選択させ、

前記選択された α 個のドメインセル候補を、前記選択された α 個のドメインセル候補をドメインセル候補として持つレンジセルに対するドメインセルとしてそれぞれ確定させ、該ドメインセルが確定したレンジセルについて、ドメインセルの第1候補から第 n 候補のうちドメインセルとして確定したドメインセル候補以外の候補は消去させ、

以上の処理操作を使用頻度の総和が α 個よりも小さいものばかりになるまで繰返させ、

該繰返し処理が終了した後、ドメインセルが確定していないレンジセルのそれぞれについて、該ドメインセルが確定していないレンジセルのドメインセル候補のうちいずれか1つをドメインセルとして確定させ、該確定したドメインセル候補以外の候補を消去させることを特徴とする請求項11ないし13のいずれか1つに記載の画像拡大処理制御プログラムを記録した記録媒体。

【請求項15】 前記制御プログラムはコンピュータに、
画像メモリに対して、復号処理に先立っての任意の初期画像の書き込みと、復号処理時のバッファ回路へのドメインセルデータの読み出しと、該バッファ回路からの復号済みデータの書き込みとを行わせ、
前記バッファ回路に対して、前記画像メモリからのドメインセルデータの一時記憶と出力、および前記復号器からの復号済みデータの一時記憶と出力を行わせ、
前記復号器に対して、修正フラクタルパラメータの読み込み、ドメインセルデータの読み込み、修正フラクタルパラメータに基づくドメインセルデータに対する復号処理、および復号処理済みデータの出力を行わせることを特徴とする請求項11ないし14のいずれか1つに記載の画像拡大処理制御プログラムを記録した記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、フラクタルパラメータを用いる画像拡大処理装置および方法並びに画像拡大処理制御プログラムを記録した記録媒体に関し、特にヒストグラムを用いたフラクタルパラメータの統合を行うことによって、画像拡大処理復号器とメモリとの間のデータ転送量を低減し、画像拡大処理装置を高速化する回路の構成技術に関する。

【0002】

【従来の技術】図3に、従来型のフラクタルパラメータを用いる画像拡大処理装置の構成例を示す。この従来回路はフラクタルパラメータ抽出回路50とフラクタル画像拡大回路60とから構成されている。入力端子3から入力された画像からフラクタルパラメータ抽出回路50によって画像のフラクタルパラメータを抽出し、この抽出したフラクタルパラメータを用いてフラクタル画像拡大回路60により拡大画像を構成し、出力端子4に拡大画像を出力する。

【0003】フラクタル画像拡大処理として、フラクタルパラメータの抽出を、画像を重なり合わないように分割する正方形の小領域ごとに行うものが提案されている (Arnaud E. Jacquin, "Image Coding Based on a Theory of Iterated Contractive Image Transformation", IEEE Transactions on Image Processing, Vol. 1, No. 1, pp. 18-30, January 1992)。

【0004】図4は、上記提案された従来手法によるフラクタルパラメータ抽出の概念を表す図である。入力画像Iはまず、レンジセルと呼ばれる互いに重なり合わない正方形の小領域、例えば $B \times B$ の大きさのブロック R_i に分割される。各々のレンジセル R_i に対しては、これを最も良く近似する縮小写像 τ_i が入力画像Iの中から探索され、決定される。この縮小写像がレンジセルに対応するフラクタルパラメータである。

【0005】画像のフラクタルパラメータとは、レンジセル毎に決定された縮小写像 τ_i の集まりと言える。縮小写像 τ_i は、写像 ϕ_i と写像 θ_i との合成写像として定義される。

【0006】写像 ϕ_i は、例えば、原画像の中から、 $2B \times 2B$ の大きさのドメインセルと呼ばれるブロック D_j を切り出し、このドメインセル D_j を 2×2 の大きさの B^2 個の互いに重なり合わない領域に分割し、各 2×2 の大きさの領域の中の平均値を書き並べた $B \times B$ のブロックを生成する縮小変換である。この写像 ϕ_i は、ドメインセル D_j の位置によって特徴づけられる。ドメインセル D_j の候補は、レンジセル R_i を取り囲むドメインプールと呼ばれる正方形の領域に含まれる $2B \times 2B$ の大きさの小領域に限定される。

【0007】写像 θ_i は、例えば、輝度値変換と幾何学変換の合成写像である。輝度値変換は例えば、一定輝度

値による置き換え ρ_1 、輝度値の一定量だけのシフト ρ_2 、輝度値のコントラスト変換 ρ_3 であり、幾何学変換は、例えば、 0° 、 45° 、 90° 、 135° 方向のセルの中心軸に対する4種類の鏡像変換 $\xi_1 \sim \xi_4$ とセルの中心点の回りの 0° 、 90° 、 180° 、 270° の4種類の回転変換 $\xi_5 \sim \xi_8$ である。

【0008】フラクタルパラメータ抽出回路50では、各レンジセル R_i に対して、2乗歪み $d(R_i, \theta_i, \phi_i(I))$ を最小とする写像 θ_i と写像 ϕ_i を決定し、そのときのドメインセル D_j の位置と、輝度変換 ρ_1 、もしくは輝度変換 ρ_2 および ρ_3 と、幾何学変換 $\xi_1 \sim \xi_8$ の中から一つ選ばれた ξ をフラクタルパラメータとして抽出する。

【0009】抽出されたこのフラクタルパラメータから拡大画像を得るには、任意の初期画像に対して、レンジセルごとにフラクタルパラメータに記述されている縮小写像を適応し、画像を変換していく。このとき、例えば、入力画像の大きさに対して縦方向に n 倍、横方向に n 倍の拡大画像を構成する場合には、入力画像Iの大きさが $L \times L$ とすると、拡大画像の初期画像の大きさを $nL \times nL$ 、レンジセルの大きさを $nB \times nB$ 、ドメインセルの大きさを $2nB \times 2nB$ とする。写像 ϕ_i は、例えば、フラクタルパラメータに記述されているドメインセルの位置が座標 (x_d, y_d) であるとする、座標 (nx_d, ny_d) により実施される。写像 θ_i はフラクタルパラメータの記述に従って実施される。

【0010】上記変換を繰り返して適用することにより極限画像に収束させる。この極限画像が求める拡大画像である。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】図5に、従来の上記フラクタル画像拡大回路60の一例を示す。このフラクタル画像拡大回路60は、画像メモリ61と、復号器62から構成されている。画像メモリ61では、拡大処理を開始する前における任意の初期画像の書き込み、ドメインセルごとの読み出し、復号器62の出力の書き込みが行われる。復号器62はフラクタルパラメータを読み込み、読み込んだフラクタルパラメータの中に記述されたドメインセルの位置に基づいて画像メモリ61からドメインセルを読み出し、読み出したドメインセルに対してフラクタルパラメータにより規定された縮小写像を行う復号処理を実行し、フラクタルパラメータに基づき画像メモリ61のレンジセルの位置にその復号処理結果を書き込む。

【0012】一般に、復号器62は画像メモリ61の動作速度よりも高速な回路を構成することが可能である。例えば、復号器62を最小加工幅 $0.5 \mu\text{m}$ 程度以下の先端的なプロセス技術を用いたCMOS回路(相補型金属酸化膜半導体回路)により構成すると、その動作速度は 200MHz 以上となることが予想される。一方、画

像メモリ61を、例えばTV映像信号の1フレーム分、それ以上のデジタル画像信号を記憶するだけの記憶容量を廉価に実現することに適したダイナミックRAM(ランダムアクセスメモリ)で構成すると、標準的なデータの読み出しおよび書き込み速度は30MHz程度となる。

【0013】上記のように、例えば画像メモリ61の動作周波数が f であるとき、復号器62の動作周波数は $\alpha \times f$ (α は正の整数)である、というように画像メモリ61と復号器62の間には1: α の速度比が生じる。

【0014】以下、 $\alpha=6$ の場合を例にして、上記のような画像メモリ61と復号器62の処理能力のアンバランスに起因する、画像拡大処理(復号処理)時に生じる冗長な動作について説明する。

【0015】図6は、図5の画像メモリ61が周波数 f のクロックであるクロックAに同期して動作し、復号器62が周波数 $6 \times f$ のクロックであるクロックBに同期して動作する場合の復号処理動作例を示すタイミングチャートである。ただし、復号器62内での処理のレーテンシー(待ち時間)は無視するものとする。図6において、 D_i 、 D_k および D_j はドメインセルデータである。また、I、KおよびJはそれぞれ D_i 、 D_k 、 D_j の復号処理を実施されたデータである。

【0016】クロックAの立ち上がり2に同期して、画像メモリ61から復号器62へのドメインセルデータ D_i の読み出しが完了し、同時にドメインセルデータ D_k の読み出しが開始される。復号器62ではドメインセルデータ D_i の読み出しが完了した後、ドメインセルデータ D_i に対するフラクタルパラメータに基づく復号処理がなされ、この処理された結果が復号処理済みデータIとして出力期間101に出力される。

【0017】クロックAの立ち上がり3に同期して、画像メモリ61から復号器62へのドメインセルデータ D_k の読み出しが完了し、その後、復号器62ではドメインセルデータ D_k に対して復号処理を行い、復号処理結果Kを期間102に出力する。出力期間101が終わってから出力期間102が開始するまでの休止期間111は復号処理済みデータを出力しない期間、すなわち復号器62が復号動作を行わないで休止している期間である。

【0018】クロック4の立ち上がりでは、上記クロック3の立ち上がりでの画像メモリ61と復号器62の動作と同様にして、ドメインセルデータ D_j の復号処理済みデータJが休止期間112の後、期間103に出力される。

【0019】このように従来の復号処理では休止期間が生じていた。これは、従来のフラクタルパラメータのドメインセルの位置に関係している。すなわち、従来のフラクタルパラメータでは、ドメインセルの位置は、対応するレンジセルとの2乗重みを最小にすることと、ドメ

インプール内に存在することという条件で決定されており、ドメインセル同士の位置の相関は考慮されていない。

【0020】このため、ドメインセルはその位置に特に規則性を持たずに分布することになり、復号動作においてはレンジセル毎にそのドメインセルデータを画像メモリから読み出す必要があった。その結果、復号処理においては上記のような休止期間が発生し、効率的な復号処理を行うフラクタル画像拡大回路の構成はこれまで困難であった。

【0021】本発明は、上述の事情に鑑みてなされたもので、その目的は、フラクタルパラメータを修正することにより、画像メモリから一旦読み出したドメインセルデータを整数 α の倍数回、連続して使用して復号処理を行い、これによって復号処理を行わない期間を著しく減少させ、復号期間を最大 $1/\alpha$ に短縮することにある。

【0022】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明の画像拡大処理装置は、入力画像を適当な大きさのブロック(レンジセル)に分割し、該レンジセルより大きいまたは等しい面積を持つブロックの集合(ドメインプール)の要素(ドメインセル)に対し、縮小変換と幾何学変換と輝度変換を施したものと該レンジセルとの差分2乗和が最小となるドメインセルに対する縮小変換と幾何学変換と輝度変換と該ドメインセルを特定するための情報とをフラクタルパラメータとして抽出するフラクタルパラメータ抽出回路と、前記フラクタルパラメータ抽出回路で抽出されたフラクタルパラメータを修正して再構成するフラクタルパラメータ再構成回路と、該フラクタルパラメータ再構成回路により修正されたフラクタルパラメータに基づく縮小変換と幾何学変換と輝度変換を繰り返して実施して、極限画像としての拡大画像を得るフラクタル画像拡大回路とを具備したことを特徴とする。

【0023】ここで、前記フラクタルパラメータ再構成回路は、前記フラクタルパラメータ抽出回路で抽出されたフラクタルパラメータを初期値として保持するパラメータテーブルと、該パラメータテーブルを参照してドメインセルの使用頻度に関するヒストグラムを計算するヒストグラム計算回路と、前記フラクタル画像拡大回路を構成する画像メモリと復号器の速度比が1: α の時、前記ヒストグラム計算回路の出力を参照して、ドメインセルの使用頻度が、前記実数 α 以下の正整数 α による除算に対して剰余が0のものだけになるように、該ドメインセルの選択を変更するヒストグラム離散化処理と前記パラメータテーブルの書き換え処理とを行うヒストグラム離散化回路とを有するとすることができる。

【0024】さらに、前記ヒストグラム離散化回路は、前記ドメインセルの使用頻度が前記整数 α による除算に対して剰余が0でないドメインセルを選択するドメイン

セル選択手段と、該ドメインセル選択手段により選択したドメインセルのそれぞれについて、該ドメインセルを使用するレンジセルのうち、ドメインセルとの距離(差分2乗和)が大きいものから順に、該ドメインセルの使用頻度の前記 α による除算に対する剰余と同じ数だけのレンジセルを選択するレンジセル選択手段と、該レンジセル選択手段により選択したレンジセルのそれぞれについて、新たなドメインセルを決定するため、前記ドメインセル選択手段によって選択したドメインセルの中から、該選択したレンジセルが前記レンジセル選択手段において使用していたドメインセルを除いたドメインセルをドメインセルの候補として、フラクタルパラメータを抽出するフラクタルパラメータ抽出手段と、該フラクタルパラメータ抽出手段により抽出したフラクタルパラメータにより前記パラメータテーブルの内容を書き換えるパラメータテーブル書き換え手段とを有することとができる。

【0025】さらに、前記フラクタルパラメータ抽出回路は、入力画像を適当な大きさのブロック(レンジセル)に分割し、該レンジセルより大きいまたは等しい面積を持つブロックの集合(ドメインプール)の要素(ドメインセル)に対し、縮小変換と幾何学変換と輝度変換を施したものと該レンジセルとの差分2乗和が最小となるドメインセルに対する縮小変換と幾何学変換と輝度変換と該ドメインセルを特定するための情報とをフラクタルパラメータとして抽出するフラクタルパラメータ生成手段と、前記入力画像を適当な大きさのブロック(レンジセル)に分割し、該レンジセルより大きいまたは等しい面積を持つブロックの集合(ドメインプール)の要素(ドメインセル)に対し、縮小変換と幾何学変換と輝度変換を施したものと該レンジセルとの差分2乗和が最小となるドメインセルに対する縮小変換と幾何学変換と輝度変換と該ドメインセルを特定するための情報とをフラクタルパラメータとして抽出するフラクタルパラメータ生成手段により生成したフラクタルパラメータが指示するドメインセルを第1候補とし、これに加えてレンジセルとの差分2乗和が2番目に小さいものを第2候補、3番目に小さいものを第3候補というように、ドメインセルを第1候補から第 n 候補まで新たに抽出する候補抽出手段と、ドメインセルが前記第1候補である場合は、当該ドメインセル候補の差分2乗和から第2候補の差分2乗和を引いた値を、ドメインセルが該第2候補以降である場合は、当該ドメインセル候補の差分2乗和から前記第1候補の差分2乗和を引いた値を計算しこれを評価値とする評価値計算手段と、ドメインセルの使用頻度のヒストグラムを第1候補から第 n 候補までそれぞれ計算し、各ドメインセルについて該第1候補から該第 n 候補までの使用頻度の総和のヒストグラムを計算する使用頻度の総和のヒストグラム計算手段と、該使用頻度の総和が α 回以上になるドメインセルのそれぞれにつ

いて、 α 個以上のドメインセル候補の中から、前記評価値計算手段による評価値の α 個分の和が最小となる α 個のドメインセル候補を選択し、該選択した前記評価値計算手段による評価値の α 個分の和が最小となる α 個のドメインセル候補を α 個で1組のドメインセル候補とし、該 α 個で1組のドメインセル候補の中から、前記評価値計算手段による評価値の α 個分の和が最小となる1組のドメインセル候補を選択するドメインセル候補選択手段と、前記ドメインセル候補選択手段により選択された α 個のドメインセル候補を、前記ドメインセル候補選択手段により選択された α 個のドメインセル候補をドメインセル候補として持つレンジセルに対するドメインセルとしてそれぞれ確定し、該ドメインセルが確定したレンジセルについて、ドメインセルの第1候補から第 n 候補のうちドメインセルとして確定したドメインセル候補以外の候補は消去するドメインセル確定手段と、以上の処理操作を使用頻度の総和が α 個よりも小さいものばかりになるまで繰り返させる制御手段と、該制御手段により繰り返し処理が終了した後、ドメインセルが確定していないレンジセルのそれぞれについて、該ドメインセルが確定していないレンジセルのドメインセル候補のうちいずれか1つをドメインセルとして確定し、該確定したドメインセル候補以外の候補を消去するドメインセル確定手段と、を有し、前記入力画像を適当な大きさのブロック(レンジセル)に分割し、該レンジセルより大きいまたは等しい面積を持つブロックの集合(ドメインプール)の要素(ドメインセル)に対し、縮小変換と幾何学変換と輝度変換を施したものと該レンジセルとの差分2乗和が最小となるドメインセルに対する縮小変換と幾何学変換と輝度変換と該ドメインセルを特定するための情報とをフラクタルパラメータとして抽出するフラクタルパラメータ生成手段によって生成するフラクタルパラメータに再構成のための前処理を施すことができる。

【0026】さらに、前記フラクタル画像拡大回路は、画像メモリとバッファ回路と復号器とを有し、前記画像メモリは、復号処理に先立っての任意の初期画像の書き込みと、復号処理時の前記バッファ回路へのドメインセルデータの読み出しと、該バッファ回路からの復号済みデータの書き込みとを行い、前記バッファ回路は、前記画像メモリからのドメインセルデータの一時記憶と出力、および前記復号器からの復号済みデータの一時記憶と出力を行い、前記復号器は、修正フラクタルパラメータの読み込み、ドメインセルデータの読み込み、修正フラクタルパラメータに基づくドメインセルデータに対する復号処理、および復号処理済みデータの出力を行うとすることができる。

【0027】また、本発明の画像拡大処理方法は、入力画像を適当な大きさのブロック(レンジセル)に分割し、該レンジセルより大きいまたは等しい面積を持つ

ブロックの集合（ドメインプール）の要素（ドメインセル）に対し、縮小変換と幾何学変換と輝度変換を施したものと該レンジセルとの差分2乗和が最小となるドメインセルに対する縮小変換と幾何学変換と輝度変換と該ドメインセルを特定するための情報とをフラクタルパラメータとして抽出するフラクタルパラメータ抽出手順と、前記フラクタルパラメータ抽出手順で抽出されたフラクタルパラメータを修正して再構成するフラクタルパラメータ再構成手順と、該フラクタルパラメータ再構成手順により修正されたフラクタルパラメータに基づく縮小変換と幾何学変換と輝度変換を繰返し実施して、極限画像としての拡大画像を得るフラクタル画像拡大手順とを有することを特徴とする。

【0028】ここで、前記フラクタルパラメータ再構成手順は、前記フラクタルパラメータ抽出手順で抽出されたフラクタルパラメータを初期値として保持するパラメータテーブルを参照してドメインセルの使用頻度に関するヒストグラムを計算するヒストグラム計算手順と、前記フラクタル画像拡大手順で使用される画像メモリと復号器の速度比が1:Aの時、前記ヒストグラム計算手順での出力を参照して、ドメインセルの使用頻度が、前記実数A以下の正整数 α による除算に対して剰余が0のものだけになるように、該ドメインセルの選択を変更するヒストグラム離散化処理と前記パラメータテーブルの書き換え処理とを行うヒストグラム離散化手順とを有することができる。

【0029】さらに、前記ヒストグラム離散化手順は、前記ドメインセルの使用頻度が前記整数 α による除算に対して剰余が0でないドメインセルを選択するドメインセル選択手順と、該ドメインセル選択手順により選択したドメインセルのそれぞれについて、該ドメインセルを使用するレンジセルのうち、ドメインセルとの距離（差分2乗和）が大きいものから順に、該ドメインセルの使用頻度の前記 α による除算に対する剰余と同じ数だけのレンジセルを選択するレンジセル選択手順と、該レンジセル選択手順により選択したレンジセルのそれぞれについて、新たなドメインセルを決定するため、前記ドメインセル選択手順によって選択したドメインセルの中から、該選択したレンジセルが前記レンジセル選択手順において使用していたドメインセルを除いたドメインセルをドメインセルの候補として、フラクタルパラメータを抽出するフラクタルパラメータ抽出手順と、該フラクタルパラメータ抽出手順により抽出したフラクタルパラメータにより前記パラメータテーブルの内容を書き換えるパラメータテーブル書き換え手順とを有することができる。

【0030】さらに、前記フラクタルパラメータ抽出手順は、入力画像を適当な大きさのブロック（レンジセル）に分割し、該レンジセルより大きいまたは等しい面積を持つブロックの集合（ドメインプール）の要素

（ドメインセル）に対し、縮小変換と幾何学変換と輝度変換を施したものと該レンジセルとの差分2乗和が最小となるドメインセルに対する縮小変換と幾何学変換と輝度変換と該ドメインセルを特定するための情報とをフラクタルパラメータとして抽出するフラクタルパラメータ生成手順と、前記入力画像を適当な大きさのブロック（レンジセル）に分割し、該レンジセルより大きいまたは等しい面積を持つブロックの集合（ドメインプール）の要素（ドメインセル）に対し、縮小変換と幾何学変換と輝度変換を施したものと該レンジセルとの差分2乗和が最小となるドメインセルに対する縮小変換と幾何学変換と輝度変換と該ドメインセルを特定するための情報とをフラクタルパラメータとして抽出するフラクタルパラメータ生成手順により生成したフラクタルパラメータが指示するドメインセルを第1候補とし、これに加えてレンジセルとの差分2乗和が2番目に小さいものを第2候補、3番目に小さいものを第3候補というように、ドメインセルを第1候補から第n候補まで新たに抽出する候補抽出手順と、ドメインセルが前記第1候補である場合は、当該ドメインセル候補の差分2乗和から第2候補の差分2乗和を引いた値を、ドメインセルが該第2候補以降である場合は、当該ドメインセル候補の差分2乗和から前記第1候補の差分2乗和を引いた値を計算しこれを評価値とする評価値計算手順と、ドメインセルの使用頻度のヒストグラムを第1候補から第n候補までそれぞれ計算し、各ドメインセルについて該第1候補から該第n候補までの使用頻度の総和のヒストグラムを計算する使用頻度の総和のヒストグラム計算手順と、該使用頻度の総和が α 回以上になるドメインセルのそれぞれについて、 α 個以上のドメインセル候補の中から、前記評価値計算手順による評価値の α 個分の和が最小となる α 個のドメインセル候補を選択し、該選択した前記評価値計算手順による評価値の α 個分の和が最小となる α 個のドメインセル候補を α 個で1組のドメインセル候補とし、該 α 個で1組のドメインセル候補の中から、前記評価値計算手順による評価値の α 個分の和が最小となる1組のドメインセル候補を選択するドメインセル候補選択手順と、前記ドメインセル候補選択手順により選択された α 個のドメインセル候補を、前記ドメインセル候補選択手順により選択された α 個のドメインセル候補をドメインセル候補として持つレンジセルに対するドメインセルとしてそれぞれ確定し、該ドメインセルが確定したレンジセルについて、ドメインセルの第1候補から第n候補のうちドメインセルとして確定したドメインセル候補以外の候補は消去するドメインセル確定手順と、以上の処理操作を使用頻度の総和が α 個よりも小さいものばかりになるまで繰返させる制御手順と、該制御手順により繰返し処理が終了した後、ドメインセルが確定していないレンジセルのそれぞれについて、該ドメインセルが確定していないレンジセルのドメインセル候補のうちいず

れか1つをドメインセルとして確定し、該確定したドメインセル候補以外の候補を消去するドメインセル確定手順と、を有し、前記入力画像を適当な大きさのブロック（レンジセル）に分割し、該レンジセルより大きいまたは等しい面積を持つブロックの集合（ドメインプール）の要素（ドメインセル）に対し、縮小変換と幾何学変換と輝度変換を施したものと該レンジセルとの差分2乗和が最小となるドメインセルに対する縮小変換と幾何学変換と輝度変換と該ドメインセルを特定するための情報とをフラクタルパラメータとして抽出するフラクタルパラメータ生成手順によって生成するフラクタルパラメータに再構成のための前処理を施すことができる。

【0031】さらに、前記フラクタル画像拡大手順は、画像メモリとバッファ回路と復号器とを使用し、前記画像メモリに対して、復号処理に先立っての任意の初期画像の書き込みと、復号処理時の前記バッファ回路へのドメインセルデータの読み出しと、該バッファ回路からの復号済みデータの書き込みとを行い、前記バッファ回路により、前記画像メモリからのドメインセルデータの一時記憶と出力、および前記復号器からの復号済みデータの一時記憶と出力を行い、前記復号器を用いて、修正フラクタルパラメータの読み込み、ドメインセルデータの読み込み、修正フラクタルパラメータに基づくドメインセルデータに対する復号処理、および復号処理済みデータの出力を行うことができる。

【0032】また、本発明の記録媒体は、コンピュータによって画像拡大処理を行うための制御プログラムを記録した記録媒体であって、該制御プログラムはコンピュータに、入力画像を適当な大きさのブロック（レンジセル）に分割させ、該レンジセルより大きいまたは等しい面積を持つブロックの集合（ドメインプール）の要素（ドメインセル）に対し、縮小変換と幾何学変換と輝度変換を施させたものと該レンジセルとの差分2乗和が最小となるドメインセルに対する縮小変換と幾何学変換と輝度変換と該ドメインセルを特定するための情報とをフラクタルパラメータとして抽出させ、該抽出されたフラクタルパラメータを修正して再構成させ、該修正され再構成されたフラクタルパラメータに基づく縮小変換と幾何学変換と輝度変換を繰り返し実施させて、極限画像としての拡大画像を出力させることを特徴とする。

【0033】ここで、前記制御プログラムはコンピュータに、前記抽出されたフラクタルパラメータを初期値として保持するパラメータテーブルを参照してドメインセルの使用頻度に関するヒストグラムを計算させ、該計算結果を参照して、ドメインセルの使用頻度が整数 α による除算に対して剰余が0のものだけになるように、該ドメインセルの選択を変更するヒストグラム離散化処理と前記パラメータテーブルの書き換え処理とを行わせることができる。

【0034】さらに、前記制御プログラムはコンピュータに、前記ドメインセルの使用頻度が前記整数 α による除算に対して剰余が0でないドメインセルを選択させ、該選択したドメインセルのそれぞれについて、該ドメインセルを使用するレンジセルのうち、ドメインセルとの距離（差分2乗和）が大きいものから順に、該ドメインセルの使用頻度の前記 α による除算に対する剰余と同じ数だけのレンジセルを選択させ、該選択したレンジセルのそれぞれについて、新たなドメインセルを決定させるため、前記選択したドメインセルの中から、該選択したレンジセルが使用していたドメインセルを除いたドメインセルをドメインセルの候補として、フラクタルパラメータを抽出させ、該抽出したフラクタルパラメータにより前記パラメータテーブルの内容を書き換えさせるとすることができる。

【0035】さらに、前記制御プログラムはコンピュータに、入力画像を適当な大きさのブロック（レンジセル）に分割させ、該レンジセルより大きいまたは等しい面積を持つブロックの集合（ドメインプール）の要素（ドメインセル）に対し、縮小変換と幾何学変換と輝度変換を施させたものと該レンジセルとの差分2乗和が最小となるドメインセルに対する縮小変換と幾何学変換と輝度変換と該ドメインセルを特定するための情報とをフラクタルパラメータとして抽出させ、前記入力画像を適当な大きさのブロック（レンジセル）に分割させ、該レンジセルより大きいまたは等しい面積を持つブロックの集合（ドメインプール）の要素（ドメインセル）に対し、縮小変換と幾何学変換と輝度変換を施したものと該レンジセルとの差分2乗和が最小となるドメインセルに対する縮小変換と幾何学変換と輝度変換と該ドメインセルを特定するための情報とをフラクタルパラメータが指示するドメインセルを第1候補とし、これに加えてレンジセルとの差分2乗和が2番目に小さいものを第2候補、3番目に小さいものを第3候補というように、ドメインセルを第1候補から第 n 候補まで新たに抽出させ、ドメインセルが前記第1候補である場合は、当該ドメインセル候補の差分2乗和から第2候補の差分2乗和を引いた値を、ドメインセルが該第2候補以降である場合は、当該ドメインセル候補の差分2乗和から前記第1候補の差分2乗和を引いた値を計算させこれを評価値とさせ、ドメインセルの使用頻度のヒストグラムを第1候補から第 n 候補までそれぞれ計算させ、各ドメインセルについて該第1候補から該第 n 候補までの使用頻度の総和のヒストグラムを計算させ、該使用頻度の総和が α 回以上になるドメインセルのそれぞれについて、 α 個以上のドメインセル候補の中から、前記評価値の α 個分の和が最小となる α 個のドメインセル候補を選択させ、該選択した前記評価値の α 個分の和が最小となる α 個のドメインセル候補を α 個で1組のドメインセル候補とさせ、該 α 個で1組のドメインセル候補の中から、前記評価値の

α 個分の和が最小となる1組のドメインセル候補を選択させ、前記選択された α 個のドメインセル候補を、前記選択された α 個のドメインセル候補をドメインセル候補として持つレンジセルに対するドメインセルとしてそれぞれ確定させ、該ドメインセルが確定したレンジセルについて、ドメインセルの第1候補から第 n 候補のうちドメインセルとして確定したドメインセル候補以外の候補は消去させ、以上の処理操作を使用頻度の総和が α 個よりも小さいものばかりになるまで繰り返させ、該繰り返し処理が終了した後、ドメインセルが確定していないレンジセルのそれぞれについて、該ドメインセルが確定していないレンジセルのドメインセル候補のうちいずれか1つをドメインセルとして確定させ、該確定したドメインセル候補以外の候補を消去させるとすることができる。

【0036】さらに、前記制御プログラムはコンピュータに、画像メモリに対して、復号処理に先立つての任意の初期画像の書き込みと、復号処理時のバッファ回路へのドメインセルデータの読み出しと、該バッファ回路からの復号済みデータの書き込みとを行わせ、前記バッファ回路に対して、前記画像メモリからのドメインセルデータの一時記憶と出力、および前記復号器からの復号済みデータの一時記憶と出力を行わせ、前記復号器に対して、修正フラクタルパラメータの読み込み、ドメインセルデータの読み込み、修正フラクタルパラメータに基づくドメインセルデータに対する復号処理、および復号処理済みデータの出力を行わせるとすることができる。

【0037】本発明は、上記構成により、フラクタル画像拡大回路における復号回路と画像メモリと間の速度比に起因する復号回路の休止期間が、いったん画像メモリから読み出されたドメインセルデータを α の倍数回連続して使用して復号処理を実施することによって、著しく減少され、拡大回路の高速化を図ることができる。

【0038】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。

【0039】図1は本発明による画像拡大処理装置の一実施形態の構成を示す。この画像拡大処理装置はフラクタルパラメータ抽出回路10と、フラクタルパラメータ再構成回路20と、フラクタル画像拡大回路30とにより構成される。

【0040】フラクタルパラメータ抽出回路10は、入力画像からフラクタルパラメータを抽出する。フラクタルパラメータ再構成回路20は、フラクタルパラメータ抽出回路10により抽出されたフラクタルパラメータの内容を修正して出力する。フラクタル画像拡大回路30は、その修正されたフラクタルパラメータに基づき拡大画像を構成する。

【0041】フラクタルパラメータ抽出回路10では、以下の手順でフラクタルパラメータを抽出する。

【0042】まず、 $B \times B$ の大きさのレンジセル R_i に対して、ドメインプールの中から $2B \times 2B$ の大きさで縦方向に B 、横方向に B づつずらしながら切り出した領域をそれぞれドメインセルの候補とする。

【0043】このドメインセルの候補に対し、順次、ドメインセル内の互いに重なり合わない 2×2 の大きさの領域の中の4つの画素の平均値を書き並べて $B \times B$ のブロックを生成し、生成した $B \times B$ のブロックに対して、8種類の幾何学変換 $\varepsilon_1 \sim \varepsilon_8$ を次々に実施し、それら変換済みのブロックに対して一定輝度値による置き換え ρ_1 か、または画素の輝度値が P のときに、 $\rho_3 \cdot P + \rho_2$ で表せられるような輝度値の一定量だけのシフト ρ_2 と輝度値のコントラスト変換 ρ_3 か、のいずれかを施す。

【0044】次に、それら変換済みのブロックとレンジセルとの差分2乗和を計算し、最も差分2乗和が小さくなるように輝度変換として ρ_1 か、または ρ_3 と ρ_2 かを決定し、幾何学変換 $\varepsilon_1 \sim \varepsilon_8$ の中からひとつを決定する。

【0045】そのレンジセルのために準備された全てのドメインセル候補のうち、上記により計算された差分2乗和が最も小さいものをそのレンジセルのドメインセルとし、そのときのドメインセルの位置(座標)と上記により決定された ρ_1 または ρ_3 と ρ_2 の組、および ε とその時の差分2乗和の値を、そのレンジセルのフラクタルパラメータとする。

【0046】このフラクタルパラメータを決定する上記操作を入力画像のすべてのレンジセルに対して実施し、フラクタルパラメータを完成する。

【0047】上述のように、フラクタルパラメータ抽出回路10で抽出されたフラクタルパラメータにおいては、差分2乗和が最小になるように各々のレンジセルに対してドメインセルが決定されている。これはすなわち、画像中の全てのレンジセルについての差分2乗和の総和がレンジセルとドメインセル候補の可能な組み合わせの中で最小になっているということである。差分2乗和の総和は、その総和の値が小さいほど、再生画像の画質が良くなる傾向があることが知られている。例えば、差分2乗和の総和が小さいほど、縦横1倍の拡大再生画像の入力画像に対するPSNR(信号対雑音比: peak-to-peak signal-to-noise ratio)は大きくなることが多い。

【0048】フラクタルパラメータ再構成回路20で生成される修正フラクタルパラメータにおいては、後述のフラクタル画像拡大回路30を構成する画像メモリと復号器の速度比が $1:\alpha$ の時、ドメインセルの使用回数を整数 α の倍数回に制限するため、必ずしも差分2乗和が最小となるブロックをドメインセルとして選択しない可能性があり、差分2乗和の総和は従来のフラクタルパラメータのそれに比較して大きくなることが予想される。

この場合、全てのドメインセルの使用回数が α の倍数回となる組み合わせの中で差分2乗和の総和が最小となる組み合わせを修正フラクタルパラメータとすることが、画質の面から望ましい。

【0049】しかしながら、このような修正フラクタルパラメータを探索するために、全てのレンジセルに対するドメインセルの可能な組み合わせを検討することは、計算負荷の面から現実的ではない。例えば、入力画像の大きさを 512×512 ピクセル、レンジセルの大きさを 4×4 ピクセルとすると、レンジセル数は 16384 個となる。今、各々のレンジセルに対して、差分2乗和の小さいものから順に、例えば 10 個のドメインセル候補を準備すると仮定する。この場合、全てのレンジセルに対して 10 個のドメインセル候補の中から 1 つを選択していく組み合わせは 10 の 16384 乗通りとなり、この全ての組み合わせに対して、全てのドメインセルの使用頻度が α の倍数回になっているかどうか、さらに α の倍数回になっていれば差分2乗和の総和が最小かどうか、を判定していく方法では、現在の計算機の能力では意味のある時間のうちに求める組み合わせを見つけることは困難である。

【0050】上記のことに鑑み、本発明では、フラクタルパラメータ再構成回路20において、現実的な時間のうちに計算が終了し、かつ、従来のフラクタルパラメータによる再生画像と比較した場合にも大幅な画質劣化が起らないような修正フラクタルパラメータを構成する一手法を以下に提案する。

【0051】図2は図1のフラクタルパラメータ再構成回路20の一実施形態の構成を示す。このフラクタルパラメータ再構成回路20はパラメータテーブル21と、ヒストグラム計算回路23と、ヒストグラム離散化回路22とから構成される。

【0052】パラメータテーブル21は入力端子24から入力されたフラクタルパラメータを初期値として保持する。また、ヒストグラム離散化回路22の出力を、修正されたフラクタルパラメータとして現在保持している内容に上書きして保持する。

【0053】ヒストグラム計算回路23は、上記パラメータテーブル21に保持されているフラクタルパラメータから、それぞれのドメインセルがレンジセルによって使用された回数を計算し、ドメインセルの使用回数のヒストグラムを構成する。

【0054】ヒストグラム離散化回路22は、ヒストグラム計算回路23の出力を参照して、ドメインセルの使用回数のヒストグラムが、後述のフラクタル画像拡大回路30を構成する画像メモリと復号器の速度比が $1:A$ であるときに、この実数 A 以下の正整数 α による除算に対する剰余が0になるものだけになるように、フラクタルパラメータを修正する。

【0055】上記の、パラメータテーブル21からヒス

トグラム計算回路23へのフラクタルパラメータの読み出し、ヒストグラム計算回路23による処理、ヒストグラム離散化回路22による処理、ヒストグラム離散化回路22からパラメータテーブル21への新たに抽出されたフラクタルパラメータの書き込み、という巡回する手順を、修正フラクタルパラメータのドメインセルの使用回数のヒストグラムが α による除算に対する剰余が0になるものだけに収束した後、出力端子25からパラメータテーブル21の内容を修正フラクタルパラメータ(MFP)として出力する。

【0056】図7に、図2のヒストグラム離散化回路22におけるヒストグラムの離散化を目的としたフラクタルパラメータの修正処理の工程(プロセス)を示す。ここでは、実用上の意味のある値として α を2以上とする。

【0057】最初の手順(ステップ)122において、 i は整数 α による除算に対する剰余を表す変数であって、 $1 \leq i \leq \alpha - 1$ の範囲の整数とする。この変数 i を初期化する場合、フラクタルパラメータについてヒストグラム離散化処理を行う場合である。初期化を行う場合は手順123に、初期化を行わない場合は手順124にそれぞれ分岐する。

【0058】手順123では、 $i = 1$ とする。次に、手順124に進む。

【0059】手順124では、ヒストグラム計算回路23の出力を参照して、ドメインセルの使用回数が、整数 α による除算に対する剰余が i となるドメインセルを一つ選択する。

【0060】次の手順125では、手順124で選択されたドメインセルを使用している一つまたは複数のレンジセルのうち、手順124で選択されたドメインセルとの2乗歪みの値が大きいものから i 番目のものまでを選択する。

【0061】次の手順126では、手順125で選択されたレンジセルについて新たにフラクタルパラメータを抽出する。このとき、ドメインセルの候補となる領域は、ドメインセルの使用回数が、 α による除算に対する剰余が i 以上かつ $\alpha - 1$ 以下になるもののうち、上記手順124で選択されたドメインセルを除いたドメインセルであるとする。またこのとき、上記のようなドメインセルが存在しない場合はフラクタルパラメータの抽出を行わない。

【0062】次の手順127では、ドメインセルの使用回数が、整数 α による除算に対する剰余が i となるドメインセルが全て選択されたか否かを判定し、選択されたならば手順128に、選択されていないならば手順131に分岐する。

【0063】手順128では、 $i = \alpha - 1$ であれば手順129に分岐し、 $i \neq \alpha - 1$ であれば手順130に分岐する。

【0064】手順129では $i=1$ とする。次に手順131に進む。

【0065】手順130では $i=i+1$ とする。次に手順131に進む。

【0066】手順131では手順126において抽出されたフラクタルパラメータを出力する。

【0067】なお、上記手順125における処理が、手順124で選択されたドメインセルを使用している一つまたは複数のレンジセルのうち、手順124で選択されたドメインセルとの2乗歪みの値が小さいものから i 番目のものまでを選択するとしてフラクタルパラメータの修正処理の工程も考え得るが、その内容は容易に類推可能である。

【0068】以上説明した図1のフラクタルパラメータ再構成回路20は、従来型のフラクタルパラメータを入力し再構成するものである。フラクタルパラメータ再構成回路20から出力される修正フラクタルパラメータの差分2乗和の総和をさらに小さくするためには、フラクタルパラメータ抽出回路10から出力される従来型のフラクタルパラメータに再構成のための前処理を施してから、フラクタルパラメータ再構成回路20に入力することが有効であると考えられる。

【0069】以下に、図1のフラクタルパラメータ抽出回路10で行われる、従来型のフラクタルパラメータに施す再構成のための前処理の一実施形態を説明する。

【0070】従来型のフラクタルパラメータ内のレンジセルに対応するドメインセルを第1候補とし、これに加えてレンジセルとの差分2乗和が2番目に小さいものを第2候補、3番目に小さいものを第3候補というように、例えば、第5候補まで新たに抽出する。

【0071】ドメインセルの使用頻度のヒストグラムを第1候補から第5候補までそれぞれ計算し、各ドメインセルについて第1候補から第5候補までの使用頻度の総和を計算する。このとき、使用頻度の総和が α 回以上になる各ドメインセルについて以下の評価値を基準にして一つのドメインセルにつき α 個のドメインセル候補の組を1組選択する。

【0072】ドメインセルが第1候補である場合は、当該ドメインセル候補の差分2乗和から第2ドメインセル候補の差分2乗和を引いたもの、ドメインセルが第2候補以降である場合は、当該ドメインセル候補の差分2乗和から第1ドメインセル候補の差分2乗和を引いたものを評価値とし、この評価値の α 個の和を求め、この評価値の和が最小となる組み合わせを選択する。

【0073】このようにして選択されたそれぞれのドメインセルの α 個組のうち、評価値の和が最小となるドメインセルの α 個組に関しては、対応するレンジセルのドメインセルとして確定し、他の候補を消去する。

【0074】以上の操作をヒストグラムの総和が α 個より小さいものばかりになるまで繰り返す。この繰り返し

が終了した後、ドメインセルが確定していないレンジセルについて、対応するドメインセル候補の中の例えば第1候補をドメインセルとして確定し、第2から第5の候補を消去して前処理を完了する。

【0075】図8は図1のフラクタル画像拡大回路30の一実施形態の構成を示す。このフラクタル画像拡大回路30は画像メモリ31と、バッファ回路33と、復号器32とから構成される。

【0076】画像メモリ31は、復号処理に先立っての任意の初期画像の書き込みと、復号処理時のバッファ回路33へのドメインセルデータの読み出しと、バッファ回路33からの復号済みデータの書き込みとを行う。バッファ回路33は、画像メモリ31からのドメインセルデータの一時記憶と出力、および復号器32からの復号済みデータの一時記憶と出力を行う。復号器32は修正フラクタルパラメータの読み込み、ドメインセルデータの読み込み、修正フラクタルパラメータに基づくドメインセルデータに対する復号処理、および復号処理済みデータの出力を行う。ここで、画像メモリ31と復号器32の速度比は、一例として、1:6であるものとする。このため、画像メモリ31は、復号器32の動作クロックの1/6倍の周波数のクロックに同期してデータの入出力を行う。

【0077】図9は、図8の画像拡大回路30の復号動作時のタイミングチャートの一例を示す。ここで復号器32における処理のレーテンシーは無視している。クロックAの周波数は上記のようにクロックBの周波数の1/6倍である。画像メモリ31はクロックAに同期してデータの入出力を行い、復号器32はクロックBに同期して復号処理とデータの入出力を行う。

【0078】クロックAの立ち上がり1に同期して、画像メモリ31からバッファ回路33へのドメインセルデータ D_k の読み出しが完了する。ドメインセルデータ D_k はレンジセルによって6回使用されるものとする。バッファ回路33では、読み出したドメインセルデータ D_k を復号器32と同等の高速動作が可能な記憶素子に保持し、ドメインセルデータ D_k の読み出しが完了した後、クロックBに同期して6回連続して出力すると同時に、画像メモリ31からのドメインセルデータ D_i の読み出しと保持を実施する。

【0079】復号器32では、バッファ回路33から6回出力されたドメインセルデータ D_k を順次取り込みながらドメインセル D_k を使用する6回の復号処理を順次行い、その復号結果 K_1 から K_6 を出力期間301に出力する。

【0080】クロックAの立ち上がり2に同期して画像メモリ31からバッファ回路33にドメインセルデータ D_i の読み出しが完了する。ドメインセルデータ D_i はレンジセルにより12回使用されるとする。バッファ回路33はドメインセルデータ D_i の読み出しが完了した

後、クロックBに同期して12回連続してドメインセルデータ D_i を出力する。画像メモリ31からのバッファ回路33へのデータの読み出しはクロックAの立ち上がり2から立ち上がり3までのクロックAの1周期の期間は行わない。

【0081】復号器32ではバッファ回路33から12回連続して出力されたドメインセルデータ D_i を順次取り込みながら、ドメインセル D_i を使用する12回の復号処理を順次行い、その復号結果 I_1 から I_{12} を出力期間302に出力する。

【0082】クロックAの立ち上がり3では、バッファ回路33は、保持しているドメインセルデータ D_i をクロックBに同期して出力しながら、画像メモリ31からドメインセルデータ D_i の読み出しを開始する。

【0083】上記動作において、修正フラクタルパラメータでは、全てのドメインセルは6の倍数程度レンジセルから使用される。ただし、入力画像中のレンジセルの総数がちょうど6の倍数でない場合は、6の倍数回よりも少ない回数で使用されるドメインセルが少なくとも1つは存在する。

【0084】図9の例では、ドメインセルが6回使用される場合と、12回使用される場合の動作について、復号器32が休止することなく連続して復号処理を行うことを説明したが、6回と12回以外の6の倍数回の場合についても容易に類推が可能なので、ここでは説明を省略する。

【0085】図10に図8の画像メモリ31の一実施形態の構成を示す。画像メモリ31は6つのバンクから構成されており、画像メモリ全体の容量は少なくとも拡大画像を記憶できる大きさである。それぞれのバンクの記憶容量は、画像メモリ全体の容量を均等に6に分割した大きさである。図10中の K_1 から K_6 および I_1 から I_{12} は、図9の K_1 から K_6 および I_1 から I_{12} と同じ復号済みデータを示す。以下に復号処理済みデータの画像メモリ31への書き込み動作について説明する。

【0086】復号器32から順次出力される復号処理済みデータは、バッファ回路33内において、復号済みデータの大きさを単位としたシリアル-パラレル変換を施される。すなわち、復号器32の動作クロックに同期して順次出力された復号済みデータは一時的にバッファ回路33内に記憶される。6つの復号処理済みデータ K_1 から K_6 が全てバッファ回路33内に保持された後、画像メモリ31の動作クロックに同期して K_1 から K_6 の復号処理済みデータが同時にバッファ回路33から読み出され、それぞれが画像メモリ31のバンク1から6の同一アドレスに同時に書き込まれる。同様にして、復号器32から出力された I_1 から I_6 が全てバッファ回路33内に保持された後、画像メモリのクロックに同期して I_1 から I_6 の復号処理済みデータが同時に読み出され、それぞれバンク1から6に同時に書き込まれる。そ

の結果、図10に示すように、例えばバンク1に記憶される復号処理済みデータは順に K_1 、 I_1 、 I_7 …となる。

【0087】上記のように、同一のドメインセルから復号されたデータを6つずつの組として、一つの組の中の6つのデータを6つのバンクの同一アドレスに並べるので、画像メモリ31内では入力画像がその入力順通りに記憶されるわけではなく、入力画像をレンジセルを単位として並び替えた状態で記憶される。このとき、ドメインセルは $B \times B$ の大きさの4つのブロックに分割されていることになり、修正フラクタルパラメータでのドメインセルの位置の指定は、分割された4つのブロックのそれぞれのバンク番号とアドレスによって行われる。また、復号器32は復号動作の後、収束した拡大画像において全てのレンジセルについて入力画像と同じ並びに並び替えを行いながら装置外部に出力する。

【0088】上記のように、画像メモリ31と復号器32の速度比が1:6の場合についてフラクタル画像拡大回路30の動作を説明したが、速度比が1:6以外の場合についても、その動作の概要は容易に類推可能なのでここでは説明を省略する。

【0089】

【実施例】本発明による上記手法と前述の従来手法との性能の差を実際の計算機シミュレーションによって得た結果を用いて以下に示す。

【0090】まず、図11に示す入力画像500のフラクタルパラメータを、計算機シミュレーションによって抽出した。入力画像500は画像の大きさは 512×512 ピクセル、画素の階調は8ビットのグレースケールである。フラクタルパラメータ抽出の条件は、ドメインセルサイズ 8×8 ピクセル、レンジセルサイズ 4×4 ピクセル、ドメインプールは入力画像全体で、幾何学変換は $\varepsilon_1 \sim \varepsilon_6$ のうちから1つを選択する、輝度変換は輝度値の一定量だけのシフト ρ_2 と輝度値のコントラスト変換 ρ_3 との組み合わせのみを選択し、一定輝度値による置き換え ρ_1 は選択しない、とした。

【0091】このようにして抽出したフラクタルパラメータを本発明による上記手法により再構成し、修正フラクタルパラメータを生成した。このとき画像メモリと復号器の速度比は1:6とした。

【0092】ハードウェア記述言語により、従来方式のフラクタル画像拡大回路と本発明によるフラクタル画像拡大回路をそれぞれ記述し、従来方式のフラクタル画像拡大回路に上記抽出したフラクタルパラメータを、本発明によるフラクタル画像拡大回路に上記再構成した修正フラクタルパラメータをそれぞれ用いて、夫々のフラクタル画像拡大処理のシミュレーションを行った。このとき、入力画像に対し縦方向および横方向にそれぞれ1倍の拡大をした。また、それぞれ2倍の拡大をした。

【0093】その結果、本発明によるフラクタル画像拡大

大回路は従来手法の回路の約1/6のシミュレーション時間で拡大処理を完了した。

【0094】上記計算機シミュレーションによって生成した拡大画像の画質について以下に示す。

【0095】図12に従来手法による縦方向、横方向それぞれ1倍の拡大画像501を示す。また、図13に本発明による縦方向、横方向それぞれ1倍の拡大画像502を示す。

【0096】従来手法による拡大画像501と本発明の手法による拡大画像502を比較する。入力画像500と従来手法による拡大画像501のPSNRは37.1 dBであり、入力画像500と本発明の手法による拡大画像502のPSNRは35.5 dBであった。本発明による拡大画像の方が従来手法による拡大画像よりPSNRがわずかに小さいが、拡大画像501と拡大画像502において視覚的な違いはほとんど感じられない。

【0097】また、前述した前処理を施したフラクタルパラメータから再構成した修正フラクタルパラメータによる本発明の再生拡大画像では、入力画像に対する拡大画像のPSNRは35.8 dBであった。このとき、前処理におけるドメインセルの候補は第1候補から第5候補までとした。前処理を行わない場合に対してPSNRの値が若干良くなっていることがわかる。

【0098】図14に従来手法による縦方向、横方向それぞれ2倍の拡大画像503を示す。また、図15に本発明の手法による縦方向、横方向それぞれ2倍の拡大画像504を示す。拡大画像503と拡大画像504を比較すると、本発明手法の拡大画像504が従来手法の拡大画像503に比べてわずかに劣化していると思われるが、視覚的にはほとんど目立たない。

【0099】上記のように、本発明では、フラクタル画像拡大回路を構成する画像メモリと復号器の速度比が1:αであるとき、画像拡大処理を従来手法に比較して約1/αの時間で完了できる。本発明によって生成された拡大画像は、従来手法の拡大画像に比較して厳密にはわずかながら劣化するが、視覚的には目立たない。従って、本発明は例えばTV受信機でのリアルタイム画像拡大処理など、高速な画像拡大回路を必要とする応用に適している。

【0100】なお、本発明は装置にプログラムを供給することによって達成する場合にも適用できることは言うまでもない。この場合、本発明を達成するためのソフトウェアによって表されるプログラムを格納した記録媒体を装置に読み出すことによって、コンピュータを介してその装置が本発明の効果を享受することが可能になる。

【0101】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、フラクタル処理を用いる画像拡大処理装置において、ドメインセルの読み出し回数を整数αの整数倍に離散化するようにしたので、フラクタル画像拡大実行部（復号

器）と画像メモリとの間のデータ転送量を低減し、フラクタル拡大処理装置の高速化を可能とすることができるという効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による画像拡大処理装置の構成例を示すブロック図である。

【図2】本発明によるフラクタルパラメータ再構成回路の構成例を示すブロック図である。

【図3】従来のフラクタル画像拡大処理装置の構成を示すブロック図である。

【図4】従来のフラクタルパラメータ抽出の概念を示す模式図である。

【図5】従来のフラクタル画像拡大回路の構成例を示すブロック図である。

【図6】従来のフラクタル画像拡大回路の動作タイミングの例を示すタイミングチャートである。

【図7】本発明によるヒストグラム離散化回路の処理動作を示すフローチャートである。

【図8】本発明によるフラクタル画像拡大回路の構成例を示すブロック図である。

【図9】本発明によるフラクタル画像拡大回路の動作タイミングの例を示すタイミングチャートである。

【図10】本発明による画像メモリの構成例を示すブロック図である。

【図11】入力画像を示す中間調画像の写真である。

【図12】従来のフラクタル画像拡大処理装置による縦方向、横方向それぞれ1倍の拡大画像の例を示す中間調画像の写真である。

【図13】本発明によるフラクタル画像拡大処理装置による縦方向、横方向それぞれ1倍の拡大画像の例を示す中間調画像の写真である。

【図14】従来のフラクタル画像拡大処理装置による縦方向、横方向それぞれ2倍の拡大画像の例を示す中間調画像の写真である。

【図15】本発明によるフラクタル画像拡大処理装置による縦方向、横方向それぞれ2倍の拡大画像の例を示す中間調画像の写真である。

【符号の説明】

- 10 フラクタルパラメータ抽出回路
- 20 フラクタルパラメータ再構成回路
- 21 パラメータテーブル
- 22 ヒストグラム離散化回路
- 23 ヒストグラム計算回路
- 30 フラクタル画像拡大回路
- 31 画像メモリ
- 32 復号器
- 33 バッファ回路
- 50 フラクタルパラメータ抽出回路
- 60 フラクタル画像拡大回路
- 61 画像メモリ

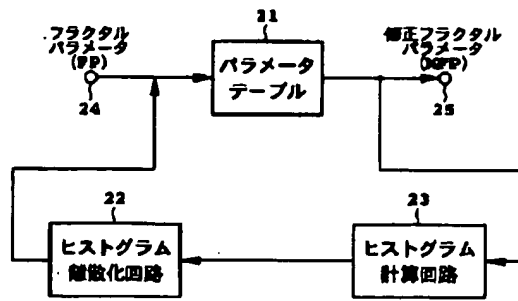
62 復号器
500 入力画像

501, 502 拡大画像
503, 504 拡大画像

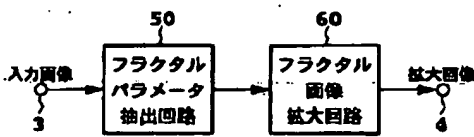
【図1】



【図2】

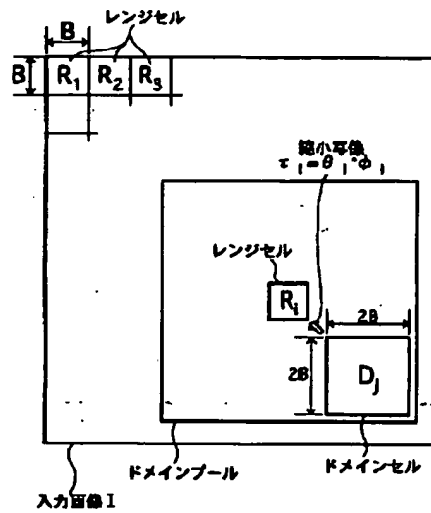
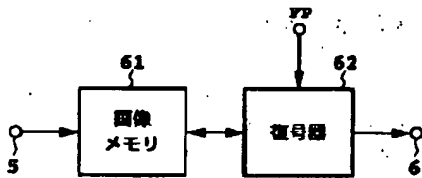


【図3】

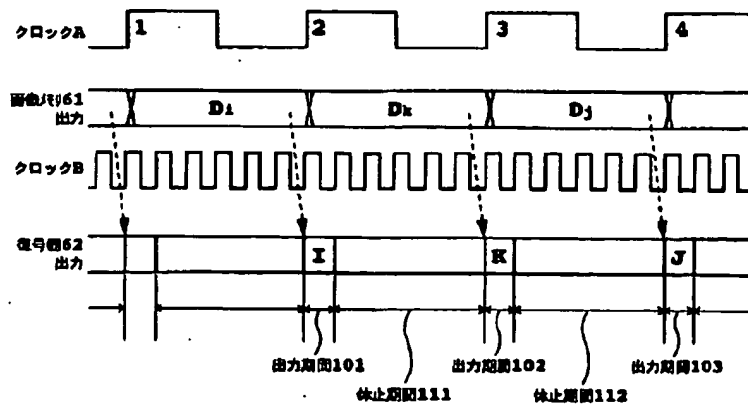


【図4】

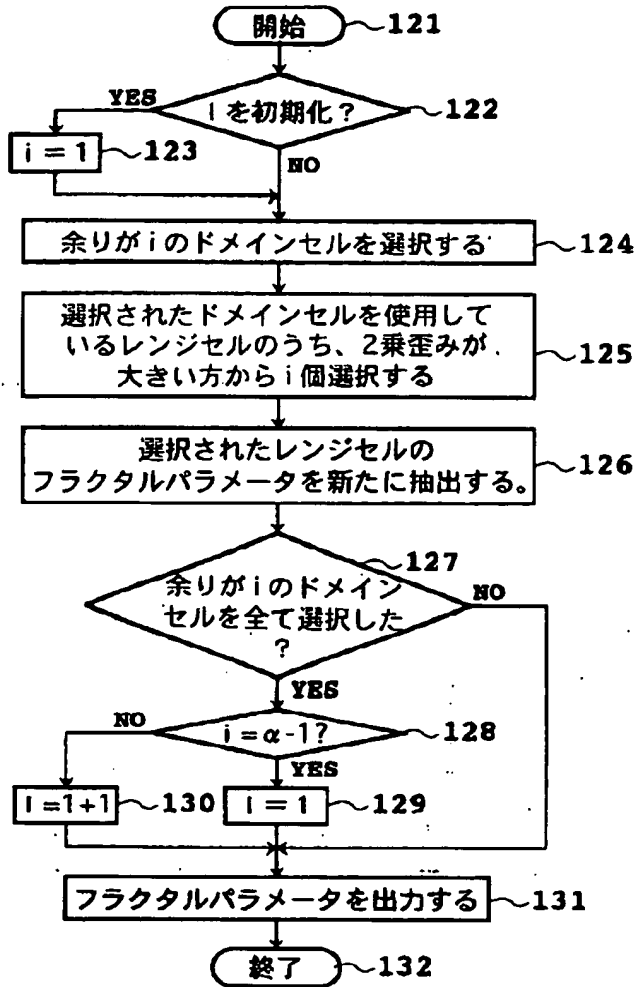
【図5】



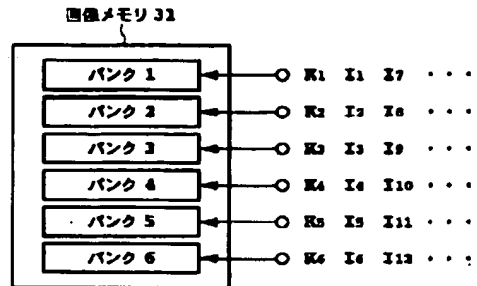
【図6】



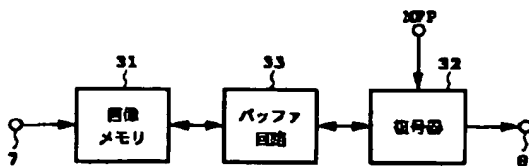
【図7】



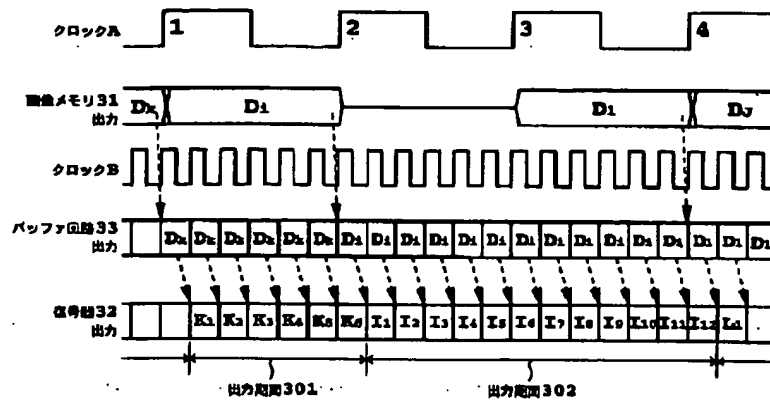
【図10】



【図8】



【図9】



【図11】

図面代用写真(カラー)

入力画像500



【図12】

図面代用写真(カラー)

拡大画像501



【図13】

図面代用写真(カラー)

拡大画像502



【図14】

図面代用写真(カラー)

拡大画像503



【図15】

図面代用写真(カラー)

拡大画像504

